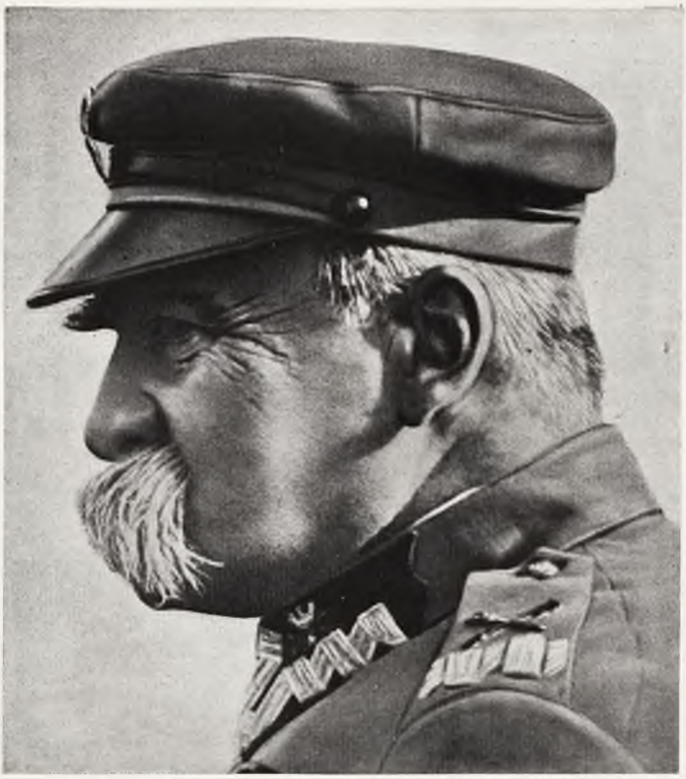
TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE

OFICJALNY ORGAN POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO DLA SPRAW KOTŁOWYCH



JÓZEF PIŁSUDSKI

1867 — 1935

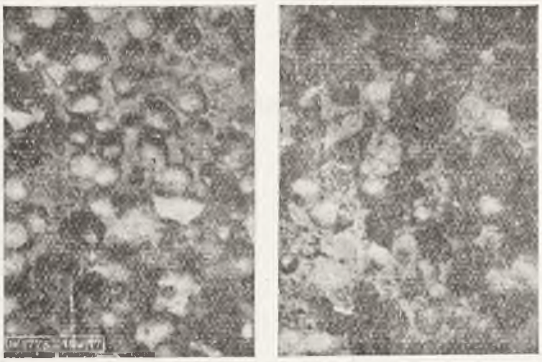
IDĄ CZASY,
KTÓRYCH ZNAMIENIEM BĘDZIE WYŚCIG PRACY,
JAK PRZEDTEM BYŁ WYŚCIG ŻELAZA,
JAK PRZEDTEM BYŁ WYŚCIG KRWI.

(Z przemówienia Naczelnika Państwa
w Poznaniu dn. 26 października 1919 roku).

K. FISCHER, Inż.

ODPYLANIE SPALIN[1]).

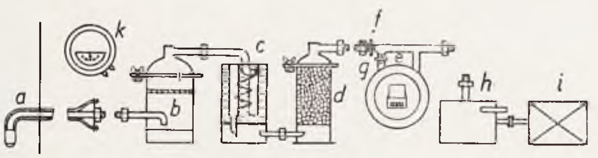
Cały szereg gałęzi przemysłu był zmuszony zająć się sprawą odpylania spalin. Gdy w niektórych wypadkach chodziło tylko o odzyskanie z gazów kominowych pozostałego w nich wartościowego materjału, — to kiedyindziej stawało się koniecznem usuwanie przykrych domieszek, w celu dalszego użytkowania gazów. Dzięki temu doprowadzono znajo-



Rys. 1
Kształt cząsteczek pyłu pod mikroskopem polaryzacyjnym.

mość działania aparatów filtrujących gazy i konstrukcję tych aparatów do pewnej doskonałości, opierając ją jednak na podstawach czysto empirycznych.

Dawniej budowano odpylacze po większej części, dla stosunkowo małych zakładów, znane więc dotychczas konstrukcje mogły



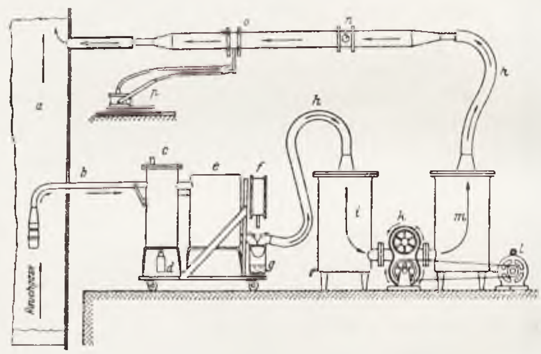
Rys. 2
Instalacja do mierzenia pyłu według dr. Allnera.
a — rura ssąca, *b* — zbiornik pyłu, *c* — chłodzony lodem oddzielacz wody, *d* — wieża zawierająca chlorek wapnia, *e* — gazomierz, *f g* — dysze, *h* — pompa, *i* — elektromotor, *k* — prężnomierz.

sprostać stawianym im w owym czasie wymaganiom. Dopiero, gdy zaczęto wprowadzać wysokoprężne instalacje parowe i stosować coraz szerzej wysokoprężne kotły parowe, które wykazywały coraz większą wydajność w stosunku do zajmowanej powierzchni, — okazała się potrzeba budowania przyrządów do odpylania spalin o rozmiarach coraz większych. To pociągnęło za sobą konieczność podejścia do tej sprawy również i od strony teoretycznej i do rozpatrzenia jej bliżej i poważniej dla zbadania i ustalenia zasad i warunków, które pozwoliłyby zrealizować cel upatrzony.

Przy olbrzymich ilościach węgla, spalanych na stosunkowo małych powierzchniach rusztów, powstawały spaliny i pył w ilościach daleko wykraczających poza normy, dotychczas notowane.

Specjalnie nieznośne warunki wytwarzał pył, wydobywający się z palenisk kotłów, opalanych miałem węglowym. Narzekania i skargi okolicznych mieszkańców wywołały wystąpienia władz przeciw właścicielom kotłów, wskutek czego dochodziło nawet do unieruchamiania zakładów, po stwierdzeniu, że podejmowane wysiłki nie zapobiegały złemu.

Mniemanie, że zawarte w spalinach wielkie ilości gazów siarkowych są szkodliwe dla zdrowia i, że pył musi przyczyniać się do rozwoju chorób płucnych, okazało się mylne. Jeśli przytem wdychanie większych ilości



Rys. 3
Instalacja do mierzenia pyłu według van Tongeren.
a — komin, *b* — rura ssąca, *c* — cyklon z filtrem, *d* — zbiornik na lotny popiół, *e* — chłodnica, *f* — prężnomierz, *g* — oddzielacz wody, *h* — wąż, *i* — zbiornik ssący, *k* — przewietrznik, *m* — zbiornik tłoczący, *n* — mikro-manometr, *o* — dysza miernicza, *p* — anemometr.

gazów siarkowych może wywołać pewne zaburzenia i dolegliwości, to, jak stwierdzono na podstawie eksperymentalnej, pył nie wywołuje żadnych skutków szkodliwych. Badania bowiem wykazały, że w płucach ludzkich znajdywano tylko cząsteczki 0,5 — 5 μ, a więc w najgorszym wypadku, cząsteczki wielkości 5/1000 *mm*, większe bowiem cząstki zatrzymywały się w przewodach oddechowych lub zostawały wydychane z powrotem.

W niektórych gałęziach przemysłu natomiast pył jest specjalnie szkodliwy, gdyż niszczy wyroby; zwłaszcza ulegają zniszczeniu wyroby przemysłu włókienniczego i ceramicznego.

[1]) Odczyt wygłoszony w 1934 r. w Stowarzyszeniu Techników w Łodzi.

Niedawno podjęte badania pyłu opałowego pod mikroskopem, dały słabe wyniki i, dopiero, dzięki mikroskopom polaryzacyjnym udało się ustalić wyraźne różnice w cząstkach pyłu, które jak się okazuje silnie się między sobą różnią. Są to, częściowo, okrągłe, stopione, jasne kryształki żużlowe, a częściowo — cząsteczki koksu o czarnej barwie, okrągłe lub kanciaste, częściowo postrzępione cząstki, które powstały z większych cząstek pod wpływem sił mechanicznych. Wobec tej różnorodności cząstek pyłu, przy odpylaniu gazów odgrywa bardzo wielką rolę dokładne poznanie ich rodzaju. Nieraz się bowiem zdarza, że stosowany sposób odpylania nie nadaje się dla danego rodzaju pyłu. Badania takie są bardzo trudne: chodzi bowiem o to, żeby ilość pyłu, którą musimy wydobyć z gazu, była możliwie wielka. Wobec tego, że różne gatunki pyłu składają się z odmiennych drobin, należy w każdym wypadku ustalić ile spaliny zawierają częstek żużlowych, a ile koksowych.

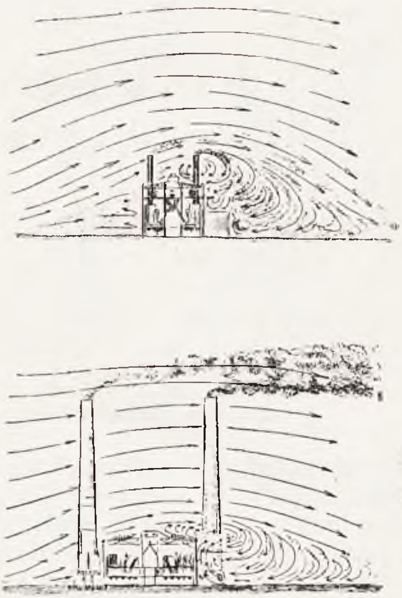
Różnorodność cząstek, dającą się dojrzeć okiem przez mikroskop polaryzacyjny, uwidocznia rys. 1.

Cząstki żużlowe rozpoznajemy wyraźnie jako jasne kulki, oczywiście jeśli przez zbyt długie przebywanie w palenisku już nie popękały. Obok widzimy czarne cząstki koksowe.

Pył z palenisk rusztowych jest grubszy od pyłu z palenisk dla miału węglowego; zawiera on pozatem większą ilość cząstek koksowych. Wobec tego, że w paleniskach dla miału węglowego temperatura paleniska, naogół, bywa wyższa, — przeto cząstki węgla spalają się lepiej, cząsteczki zaś żużlowe stapiają się w małe kuleczki, i w tym stanie uchodzą z dymem do komina. Możność oddzielania pyłu w paleniskach rusztowych, jest większa, ponieważ grubsze cząstki pyłu osiadają już w kanałach dymowych kotłów, można więc je stamtąd odpowiedniemi środkami usunąć.

Przy próbach oczyszczania spalin zawierających bardzo drobne cząstki pyłu a pochodzących z paleniska dla miału węglowego, natrafiono na pewne trudności, wobec tego, że niektóre rodzaje pyłu nie dają się n. p. zapomocą mokrego odpylania usunąć. To doprowadziło do wniosku, że zdolność poszczególnych rodzajów pyłu do zwilżalności może mieć wielkie znaczenie. Dla ustalenia zdolności do zwilżalności istnieje sposób, opracowany przez Berl'a i Schmidt'a, pozwalający ustalać, czy dany gatunek pyłu daje się łatwo zwilżyć czy z trudnością. Takiego doświadczenia można dokonać w laboratorjum, a wyniki jego będą zupełnie pewne. Na podstawie badań tego rodzaju można zbudować skalę jako miernik zwilżalności. Ze skali tej okaże się, że zwilżalność polega nadzwyczajnym wahaniom, a mianowicie dla niektórych gatunków pyłu znajduje się na poziomie 1,5, a dla szczególnie drobnych gatunków pyłu, n. p. mielonego pyłu węglowego - 166. Zwilżalność można podnieść przez domieszanie wapna i podniesienie temperatury płynu zwilżającego. Składniki spalne skalin obniżają zdolność do zwilżalności, wobec tego do odpylania spalin w paleniskach rusztowych stosuje się w większości wypadków, odpylanie na sucho.

Badanie instalacyj do odpalania jest jednem z najtrudniejszych zadań. Metoda takich badań została opracowana przez Berlińską



Rys. 4 i 5

Wysokość kominów w stosunku do wysokości kotłowni.

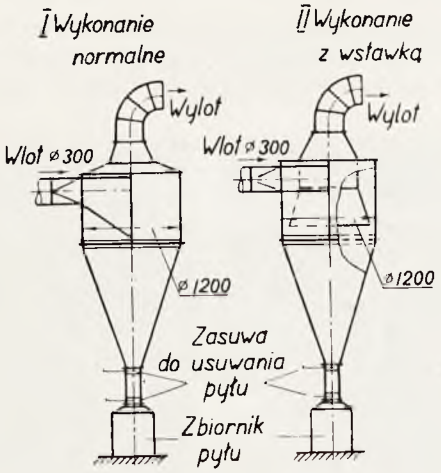
Elektrownię Sp. Ak. Zastosowany w tym celu aparat wymaga wielkiej staranności, daje dobre wyniki, ma jednak tę wadę, że wydziela bardzo niewielkie ilości pyłu. Wobec tego nie nadaje się on do doświadczeń długotrwałych, szczególnie dlatego, że narażony jest na zanieczyszczenie filtrów, co wymaga często czyszczenia. Pomimo daleko idących ulepszeń, którym uległ aparat Berlińskiej Elektrowni Sp. Akc., zarzuca mu się tę wadę, że wydobyte ilości pyłu są tak małe iż, pomimo, że stopień odpylania ustalić się daje, to, jednak, niepodobna za jego pomocą dokonywać innych dalszych badań pyłu.

Inny znowu aparat badawczy Allner'a, używany jest przez Związek Nadzoru nad Gospodarką Energetyczną Gwarectw Ruhr'y w Essen (Verein zur Ueberwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen in Essen) daje również pod warunkiem wielkiej staranności i praktyki doświadczalnej, bardzo dobre wyniki, ale ma tę stronę ujemną, że ilości pyłu są za małe, by aparat mógł, być wyzyskany do dalszych badań (rys. 2).

Aparat, umożliwiający mierzenie długotrwałe i pozwalający na zdobywanie większych ilości pyłu, został skonstruowany przez Holendra, inżyniera van Tongeren Delf'a.

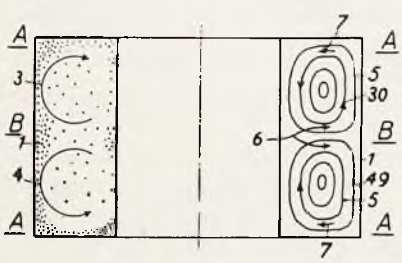
Części tego aparatu uwidocznione są na znajdującym się obok (rys. 3).

Poza wyżej wymienionemi aparatami, Komisja dla Techniki Odpylania (Fachausschuss für Staubtechnik) przy Związku Nie-



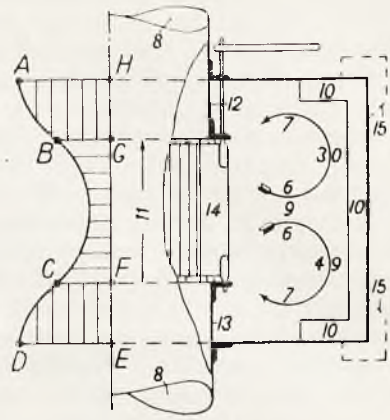
Rys. 6
Doświadczalny oddzielacz pyłu budowy Danneberg & Quandt w Berlinie.

mieckich Inżynierów, stosowała liczne metody badawcze, jednak zdolność ich do sprostania stawianym im wielkim zadaniom znajduje się jeszcze w trakcie sprawdzania.



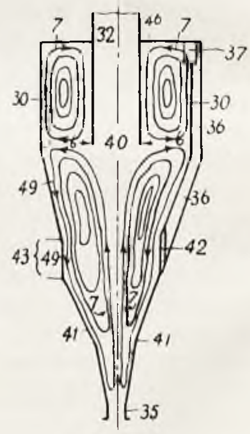
Rys. 7
Powstawanie podwójnych wirów.

Szczególną niepewność wytwarza brak jednolitości w gwarancjach, wydawanych przez firmy, zajmujące się konstrukcją odpylaczy. Nie chodzi tu bowiem tylko o to, ile pyłu ilościowo wydziela odpylacz, miarodajnym jest również stopień grubości wydzielonych cząstek wymagany w danych warunkach. Nie należy posuwać się zbyt daleko jeśli nie chcemy przez przesadne wymagania, spowodować bezcelowego podrożenia instalacji. Wobec tego należy przy podawaniu stopnia odpylania wymienić jednocześnie wymiary najmniejszych cząstek o wydzielenie których chodzi. Zapomocą odpowiednich sit można badać drobiny pyłu do 60 μ. Do drobniejszych gatunków pyłu trzeba stosować metodę Gonell'a, opartą na prawie Stokes'a. Sposób ten pozwala na podstawie szybkości opadania cząstek pyłu w powietrzu, obliczyć wielkość tych ostatnich; możność zastosowania tej metody nadaje się do cząstek pyłu, począwszy od najdrobniejszych, a kończąc na gatunkach



Rys. 8
Działanie oddzielaczy pyłu.

pyłu, zaliczanych pod względem wielkości do kategorji 100μ. Szczegóły, dotyczące tego sposobu badania oraz wyniki jego praktycznych zastosowań podaje Archiv für Wärmewirtschaft 1933, na str. 269 oraz VDI, 1928 na str. 945.

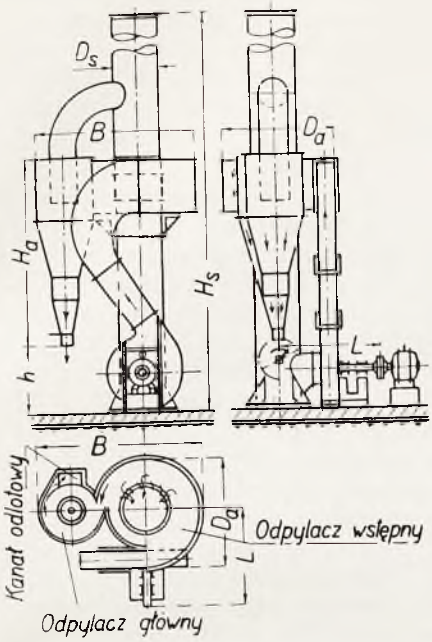


Rys. 9
Działanie oddzielaczy pyłu.

Stopień odpylenia spalin waha się pomiędzy 50% a 99%. Nie należy wymagać dokładniejszego odpylenia od niezbędnego w danym określonym wypadku. Należy w szczególności uwzględniać wielkość kotłowni, zawartość popiołu w węglu, skład pyłu, wysokość kominów i budynków, charakter najbliższego otoczenia zakładów przemysłowych oraz najczęściej panujący kierunek wiatru. Parki, jeziora i rzeki w najbliższej okolicy zakładu przemysłowego wywierają zazwyczaj ujemny wpływ, bo tam właśnie w powietrzu powstają prądy spadające, co jest szczególnie niekorzystne. Należy przedewszystkiem zwrócić uwagę na to, żeby kominy były dostatecznie wysokie. Należy tego przestrzegać tembardziej tam, gdzie niema żadnej instalacji do odpylania, bo tam, gdzie istnieją instalacje na ciąg ssący kominy zazwyczaj bywają dość niskie. Ze względu na dokuczliwość pyłu, kominy powinny być conajmniej 2,5 razy wyższe od kotłowni, wtedy bowiem pył rozprasza się na bardzo wielkiej przestrzeni, wskutek czego nie może się dawać we znaki (rys. 4 i 5).

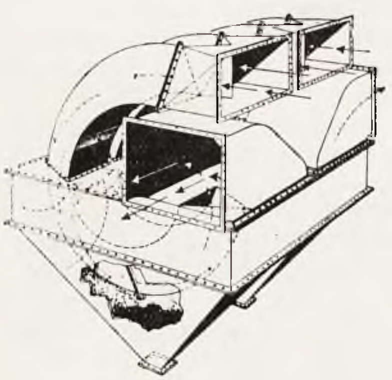
Dla postawienia sprawy cyfr gwarancyjnych dla instalacyj do odpylania na zupełnie

pewnych podstawach, Związek Niemieckich Inżynierów powołał Komisję dla Techniki Odpylania, której działalność polega na usta-



Rys. 10
Oddzielacz popiołu w zastosowaniu do sztucznego ciągu ssącego.

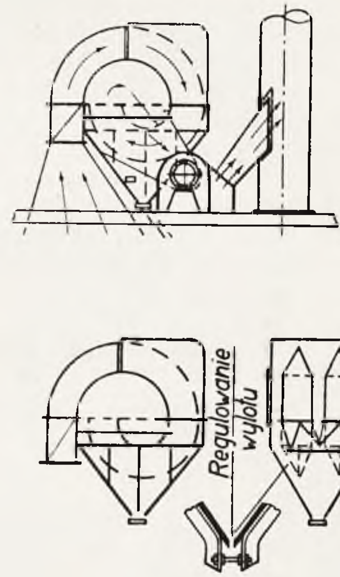
nawianiu przepisów, dotyczących badań sprawności odpylania, oraz wielkości ziarn pyłu zapomocą przesiewania spalin, względnie strącania pyłu. Prace te są już tak daleko posunięte, że można liczyć na to, iż w ciągu najbliższego czasu zostaną ogłoszone drukiem.



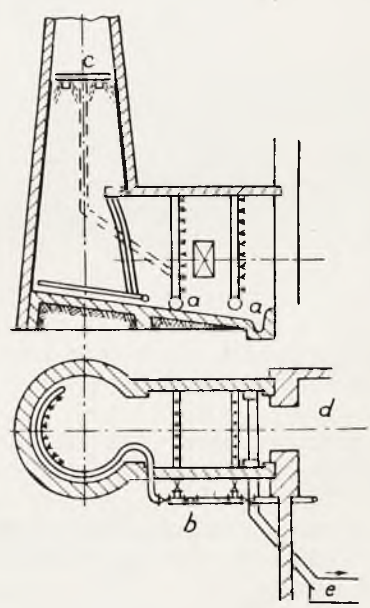
Rys. 11
Odpylacz angielskiej konstrukcji (syst. Ardelta).

Po tych ogólnikowych wywodach o przyrządach do odpylania, podajemy przegląd wykonanych i już wypróbowanych aparatów odpylających.

Różnorodność założeń mogących wchodzić w grę przy budowie takich przyrządów, powoduje różnorodność konstrukcyj. Poniżej przedstawimy niektóre z pośród tych konstrukcyj rezygnując z góry z wyczerpania całości przedmiotu. Przedewszystkiem więc będziemy mówić o odpylaczach o wielkiej komorze. Urządzenia te przedstawiają pod względem konstrukcyjnym typ bardzo prosty. Stosowano je dawniej bardzo często pomimo, że dopiero prawo Stockes'a przyczyniło się do



Rys. 12
Schemat odpylacza syst. Ardelta w zastosowaniu do sztucznego ciągu ssącego.



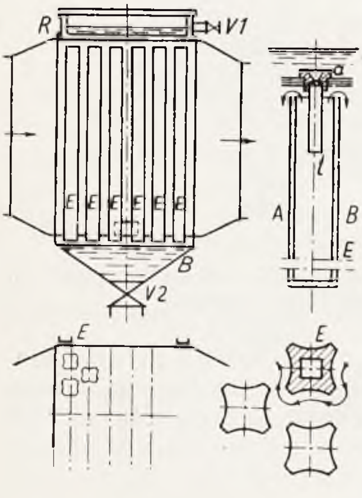
Rys. 13
Schemat odpylania na mokro.

zrozumienia fizycznej zasady ich działania. Jak już powiedzieliśmy, prawo to pozwala obliczać szybkość opadania małych cząsteczek pyłu, aż do wielkości około 100 μ.

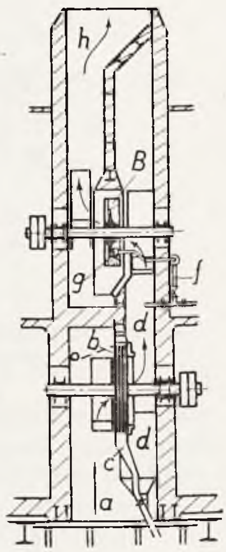
Firma Heinicke w Chemnitz, ustaliła zasady budowy komór do oddzielania pyłu; ko

mory takie, zależnie od swej wielkości pozwalają osiągnąć każdy dowolny stopień odpylania. O ile możliwość dobrych wyników jest bardzo dogodna, o tyle ujemną jest okoliczność, że dla osiągnięcia wysokiego stopnia odpylenia niezbędne są bardzo duże komory, które, wskutek tego, stają się bardzo kosztowne.

Dla wysokiego stopnia odpylenia niezbędne są komory o długości 20/30 *m*. Ich dodatnia strona polega na tem, że nie podlegają zużyciu, a dzięki ich wielkim powierzchniom, spaliny silnie stygną, co sprzyja procesowi oddzielania pyłu, bo szybkość opadania



Rys. 14
Odpylanie na mokro z zastosowaniem oleju.



Rys. 15
Odpylanie na sucho i na mokro.

cząsteczek pyłu wzrasta w miarę ochładzania się gazu, przyczem w gazie o temperaturze 15^0 szybkość owa jest blisko 1,7 razy większą, niż w gazie 200^0.

Zasady, opracowane przez wyżej wspomnianą firmę Heinicke z Chemnitz, dla wielkich komór do odpylania i do rozpraszania pyłu z kominów na wolnem powietrzu, są bardzo ciekawe i pouczające.

Odpylaczem, który już dawniej znajdował największe zastosowanie, jest cyklon (rys. 6). Dla odpylania gazów korzystały z niego z powodzeniem różne gałęzie przemysłu, w jego dawnej empirycznie rozwijającej się formie.

Wskutek wielkich wymagań, które z biegiem czasu zaczęto stawiać co do stopnia odpylenia, — okazało się niezbędnem wprowadzenie odpowiednich ulepszeń do konstrukcji. Pomimo, że początkowo sądzono, iż cyklon nie nadaje się do dokładniejszego odpylania gazów, — to jednak okazało się wkrótce, że takie mniemanie było błędnem.

Teoretyczne podstawy budowy tych odpylaczy zbadał Holender, inżynier van Tongeren Delft i zastosował otrzymane z doświadczeń wyniki. Działanie jego aparatów opiera się na powstawaniu podwójnego wirowania prądu gazów. O istnieniu tych wirów można się łatwo przekonać przez obserwowanie dymu, wychodzącego z komina w dzień przy słabem natężeniu wiatru. Wyraźnie widzimy wtedy u krawędzi komina, przy wydobywaniu się gazów spalinowych dwa, wirujące dokoła ruchy spalin.

Na tem właśnie zjawisku opiera się konstrukcja van Tongeren'a. Rys. 7 podaje układ prądu gazów oraz zagęszczenia gazu pyłem w miejscach, gdzie ten ostatni osiada. Wobec tego, że podwójny wir gazów w cyklonie odbywa jednocześnie ruch obrotowy, strącane cząstki popiołu wykonywują ten ruch łącznie z gazami i mogą w dowolnem miejscu być oddzielone.

Następny rys. 8 przedstawia (stwierdzony doświadczalnie) rozkład pyłu, w prądach obrotowych gazów, a pozatem, uwidacznia w środku, w miejscu, gdzie oczyszczony z pyłu gaz opuszcza aparat, osobne urządzenie, służące do dodatkowego oczyszczania gazów. Składa się ono z łopatek, ustawionych w poprzek do prądu gazów.

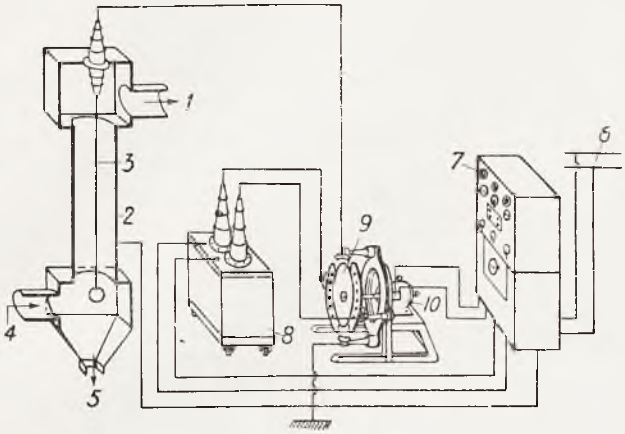
Nieoczyszczony gaz wchodzi do odpylacza w kierunku stycznej i uchodzi przez rurę, umieszczoną w środku aparatu. Zanurzenie rury w aparacie decyduje o stopniu odpylenia, co wyraźnie wynika z rysunku. Pył więc oddziela się i osiada w kątach i w miejscach, gdzie oba odbywające ruch obrotowy wiry spotykają się. Pył ten wobec stożkowatej formy odpylacza spada w dół, a prąd wiru działanie to potęguje. Można również nasycony pyłem prąd gazu odprowadzić z wstępnego odpylacza (rys. 9) do drugiego odpylacza stożkowego, gdzie gaz oczyszcza się raz jeszcze.

Najczęściej używanym aparatem do odpylania, mogącym sprostać większym wymaganiom, — jest aparat wykonywany dzisiaj przez wiele firm przedstawiony na rys. 10. Rysunek ten uwydatnia wyraźnie wszystkie wymienione uprzednio szczegóły.

Forma cyklonu stosowana jest w różnych odmianach przez cały szereg wytwórni. Wymienianie wszystkich odmian różniących się przeważnie rodzajem wstawek zajęłoby zbyt wiele miejsca. Możliwy do osiągnięcia stopień odpylenia wynosi 0% i nawet więcej. Przy ocenie tego rodzaju cyfr gwarancyjnych wskazana jest jednak pewna ostrożność, ponieważ podstawy, na których te cyfry są oparte, mogą się bardzo różnić i wynik, pomimo dotrzymania gwarancji, będzien iedostateczny, wobec tego, że nie ustalono uprzednio gatunku pyłu lub, że nie zastrzeżono przeprowadzenia próby sitowej.

Odmienny typ rozpylacza odśrodkowego produkuje pewna firma angielska. Jak wynika

z rys. 11 i 12, pył odbywa w tym wypadku ruch obrotowy wraz z gazami w kanałach, mających kształt trójkątny, przytem oba skośne boki kanału pomieszczonego w czworokątnej

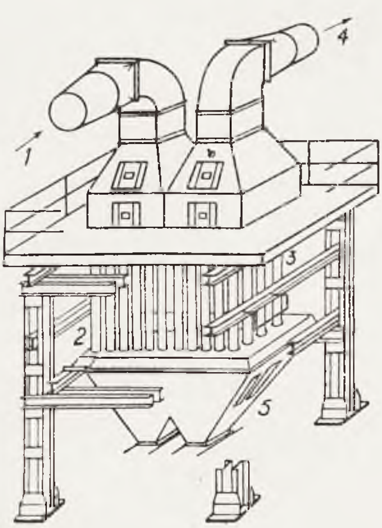


Rys. 16

Odpylacz elektryczny.

1 — wylot oczyszczonego gazu, 2 — elektroda strącająca zanieczyszczenia, 3 — elektroda wypromieniowująca, 4 — wlot surowego gazu, 5 — ściąganie pyłu, 6—sieć przewodów, 7—tablica rozdzielcza, 8—transformator wysokiego napięcia, 9 — prostownik wysokiego napięcia, 10 — motor synchroniczny.

komorze posiadają szparę, przez którą pył, pod działaniem siły odśrodkowej, przedostaje się do komory pyłowej. Pozatem, zależnie od ilości gazów odpylanych można wykonać kilka otworów wlotowych, jeden obok drugiego, podzielone z kolei na jeszcze mniejsze. Czy

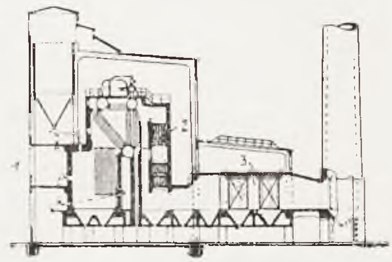


Rys. 17

Odpylacz elektryczny.

taki odpylacz potrafi zadośćuczynić większym wymaganiom, jest rzeczą wątpliwą; w najlepszym wypadku może, podobno, osiągnąć 85% odpylenia gazów, dla drobnych zaś gatunków pyłu stopień odpylenia nie przekracza jednak 50%.

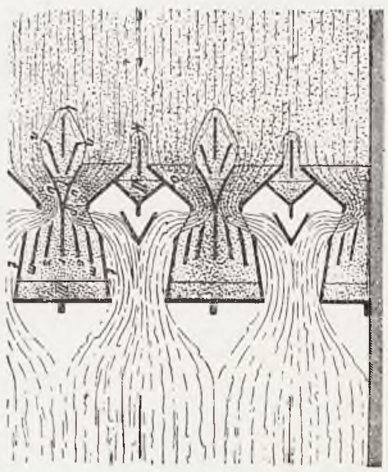
Przy specjalnych wymaganiach, dla których odpylanie suche nie wystarcza, należy stosować odpylanie mokre (rys. 13). Przytem powstaje, jednakże cały szereg trudności, które już przedtem stawały na drodze. Do trudności tych należy w pierwszym rzędzie, zwilżalność pyłu. W trudniejszych wypadkach należy zwilżalność wywołać lub podnieść.



Rys. 18

Odpylacz elektryczny.

Płyn do skrapiania powinien znajdować się pod ciśnieniu około 4 — 6 *atn* w celu osiągnięcia takiego rozdrobnienia cząstek wody, które umożliwiłoby ściśle ich połączenie z pyłem. Czysta woda nieraz się do tego celu nie nadaje, a konieczne domieszki innych środków pomocniczych komplikują cały pro-



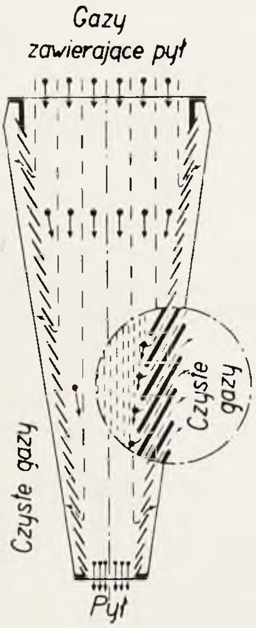
Rys. 19

Filtr dzielacy strumień gazów.

ces. Szczególnie ujemnie działa gromadzący się czopuchu płyn, na jego ściany. Powstający bowiem kwas siarkowy silnie nagryza ścianki co zmusza do stosowania specjalnych środków ochronnych dla ich zabezpieczenia. Inną trudność powodują duże zbiorniki do osadzania szlamu, nie mówiąc nawet o innych urządzeniach maszynowych. Pomimo tego, istnieje cały szereg odpylaczy mokrych. Pewną odmianę takich odpylaczy przedstawia rys. 14.

Dla zwilżania pyłu istnieje cały szereg konstrukcyj (dysz). Nie jest to jednak jedyny

sposób zwilżania pyłu. W niektórych przyrządach jako płyn zastosowano olej, wyzyskując w celu zwilżania pyłu działania powierzchni płynu (rys. 15). Olej znajduje się w zbiornikach glinianych lub porcelanowych, z których spływa w dół cienką warstwą, po zewnętrznej powierzchni zbiorników, zgarniając pył, jeśli ten ostatni daje się zwilżyć. Przy stosowaniu tej metody przy mało zwilżalnym pyle powstawały trudności w osadnikach, gdyż pył utrzymywał się na powierzchni oleju, a po spuszczeniu płynu osadnika był trudnym do opanowania.



Rys. 20
Odpylacz Filtrex.

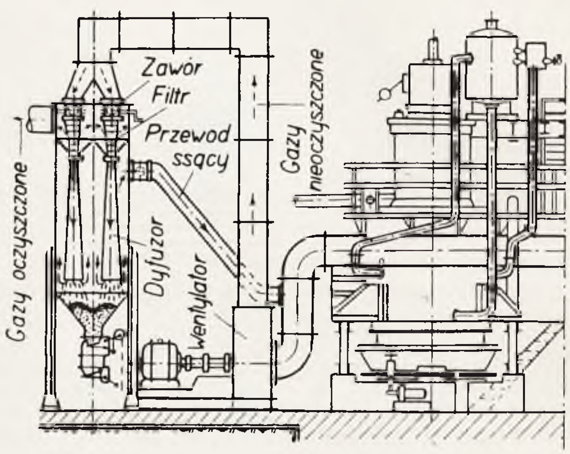
Połączenie suchego odpylania z mokrem bywało też wykonywane, lecz ze względu na wielki koszt, który za sobą pociągało, oka-ło się nader niekorzystnem. Sposób ten stosowany był tylko dlatego, że prawdopodobnie, teoretyczne podstawy działania instalacyj odpylających nie były dostatecznie znane

Na rys. 16, 17 i 18 przedstawiona jest b. skuteczna metoda odpylania. Nieoczyszczony gaz napływa z szybkością około 2 *m/sek*. do szeregu rur, wewnątrz których znajduje się drut pod wysokiem napięciem elektrycznem; strona wewnętrzna rur pokryta jest warstwą przewodzącą. Wyładowująca się z drutu energja elektryczna, jonizuje przepływające obok cząstki pyłu, strącając je na ścianę wewnętrzną rur, skąd spadają one do komory, znajdującej się pod rurami. Wobec tego, że ścianki rur stopniowo pokrywają się warstwą pyłu, prąd gazu musi być, czasowo od czasu do czasu odprowadzany do drugiej baterji rur, dopóki pierwszy tych rur zespół nie zostanie oczyszczony z pyłu. Wobec tego, że pył luźno osiada na ściankach, rury dają się łatwo czyścić.

Stopień odpylenia, możliwy do osiągnięcia, jest bardzo wysoki. Firma Lurgi, która pomiędzy innemi wykonywuje takie elektryczne odpylacze, ustala stopień odpylacza na 99⁰/₀. Przytem istnieje możliwość oczyszczania gazów zawierających do 50 gr/m^3 pyłu podczas gdy zawartość pyłu w opalinach nie przewyższa 20 $gr./m^3$.

Instalacje takie wymagają bardzo dużo miejsca, z powodu potrzeby wielokrotnego poddziału prądu gazów, pociągają za sobą znaczne koszty. Ze względu na to, że odpylanie jest gruntowne, a zużycie energji elektrycznej znikome, — koszty ich instalacji, eksploatacji i amortyzacji w porównaniu instalacjami odpylaczy innych typów o jednakowym stopniu sprawności, nie powinny być wyższe.

Straty na ciągu kominowym przy odpylaniu elektrycznem są tak znikome, że nie zachodzi potrzeba instalowania ciągu ssącego.



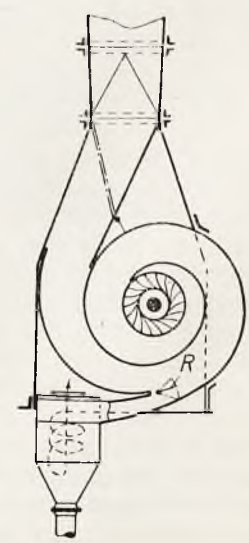
Rys. 21
Zastosowanie odpylacza Filtrex.

Na zakończenie przedstawimy jeszcze niektóre ciekawsze odpylacze.

Rys. 19 przedstawia filtr, który rozdziela prąd spalin, poczem dzięki specjalnemu układowi komór, wtłacza pył do kanałów, skąd pył ten może być usunięty. Niestety, osiągalny stopień odpylania nie jest znany. Sądząc z ostatnich doświadczeń, wątpliwem jest czy filtr ten potrafi sprostać większym wymaganiom, prawdopodobnie, nadawać się on będzie tylko do gazów zawierający pył gruboziarnisty.

Specjalny rodzaj odpylacza, zwanego „Filtrex", uwidaczniają następujące zdjęcia (rys. 20 i 21).

Część zasadniczą stanowi stożek, zaopatrzony w skośnie ustawione płaszczyzny, które rozdzielają prąd gazów i zmieniają jego kierunek. Wskutek tego następuje strącanie pyłu. Pył opada w stożku w dół, a oczyszczony gaz wydziela się bokiem. Zapomocą takich aparatów można podobno osiągnąć stopień odpylenia do blisko 90⁰/₀. Odpylacz ten nadaje się szczególnie przy wysokich tempe-



Rys. 22
Odpylacz syst. Pratt-Daniel.

raturach do 800° pod warunkiem zastosowania odpowiedniego materjału. Aparat wymaga mało miejsca, co również uważać za dobrą jego stronę.

Wreszcie należy przytoczyć jeszcze jeden rodzaj odpylaczy (rys. 22) bardzo rozpowszechniony zagranicą

W aparacie tym wyzyskano ciąg ssący i jego odśrodkowe działanie. Niewielki odpylacz dodatkowo włączony za odpylaczem głównym służy do ostatecznego oczyszczenia gazów.

Ze względu na zanieczyszczanie spalin pyłem pewne gatunki węgla nie nadają się do opalania kotłów podobnych. Zamiast używania innych droższych gatunków węgla można stosować odpylacze spalin.

Odpylanie jest więc pożądanym środkiem, umożliwiającym korzystanie z tańszego węgla, pozwalającym poczynić znaczne oszczędności, które usprawiedliwią zaopatrzenie się w odpowiednią instalację i w krótkim czasie ją zamortyzować.

Prof. Dr. Inż. WIESŁAW CHRZANOWSKI.

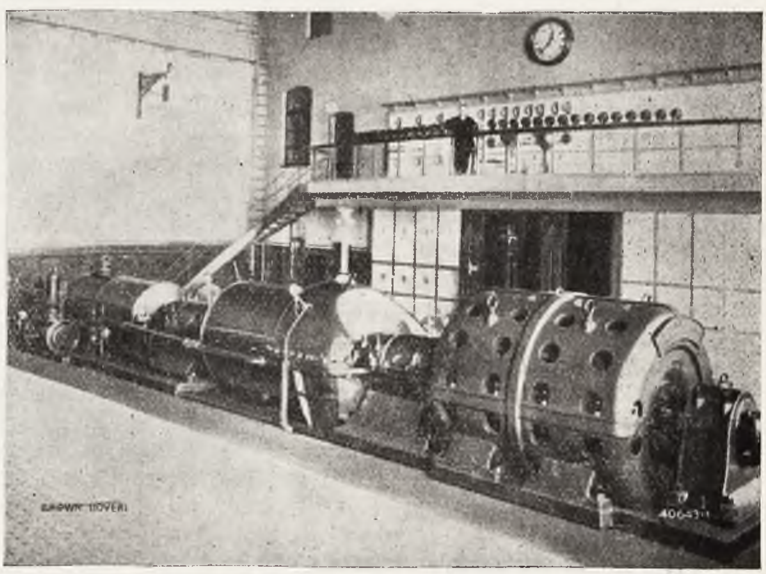
POSTĘPY W BUDOWIE TURBIN PAROWYCH[1].

Z pewną niechęcią przystępuje się obecnie do przedstawienia postępów w budowie turbin parowych. Nieraz słyszy się bowiem zdanie, powtarzane za znanym filozofem niemieckim *Oswaldem Spenglerem*, że „technika jest przekleństwem ludzkości", — dalej że rozwój techniki jest główną przyczyną trwającego od szeregu lat najcięższego kryzysu ekonomicznego, pod którego brzemieniem uginają się wszystkie państwa i narody. Kryzys obecny uwydatnia się przedewszystkiem wielkiem bezrobociem i zejściem ogółu ludności na niższy poziom życiowy.

Ludzkość przeżywała już niejedno przesilenie gospodarcze, a historja wykazuje, że właśnie technika była tym czynnikiem, który najwydatniej przyczyniał się do opanowania go. Wspomnę tylko o tem, że dopiero wynalazek maszyny parowej pod koniec wieku 18-tego umożliwił rozwój najróżniejszych gałęzi przemysłu. Dzięki temu ludność Europy, której liczba w ciągu około 120 lat wzrosła 2½-krotnie, znalazła takie zatrudnienie, które umożliwiło jej życie na znacznie wyższym poziomie.

Również na początku wieku bieżącego był dość ciężki kryzys, który niejeden z nas jeszcze pamięta. Także wówczas powstały nowe dziedziny techniki, które stworzyły pole zatrudnienia dla licznych rzesz, a równocześnie przyczyniły się do znacznego potanienia produktów przemysłowych, umożliwiając ludności prowadzenie życia na wyższym poziomie. Przypomnę, że w owym czasie powstały obustronnie działające maszyny gazowe, wyzyskujące ekonomicznie tak gazy wielkopiecowe jak i koksowniane, że powstały podstawowe ulepszenia maszyn wyciągowych, tak p a r o w y c h jak i e l e k t r y c z n y c h, umożliwiające znacznie tańszą produkcję skarbów, znajdujących się pod ziemią. W ó w c z a s, w roku 1902, została też zbudowana pierwsza turbina parowa na kontynencie europejskim przez firmę Brown-Boveri; — była to turbina dwukadłubowa o mocy 5000 *KM* przy $n = 1360$ *obr/min*, posiadająca 83 wieńce łopatkowe (rys. 1). Rozpowszechnienie jej postępowało najpierw powoli, a szybciej dopiero po roku 1911. Największy rozwój tego silnika nastąpił dopiero po wojnie światowej. Połączony był on ze znacznym wzrostem ciśnień kotłowych z dawniej używanych średnio 14 *atn* do ciśnień pomiędzy 20 i 130 *atn*.

Na rodzaj rozwoju konstrukcji turbin parowych w okresie powojennym do r. 1925 włącznie wpłynęły w wielkiej mierze wysoka cena i brak węgla. Starano się budować silniki pracujące jak najekonomiczniej pod względem zużycia paliwa, zwracając małą uwagę na koszty inwestycyjne siłowni. *Był to duch czasu,* podsycany umiejętną reklamą wytwórni



Rys. 1

[1]) Skrót odczytu wygłoszonego w dn. 25 i 26. IV. 35 w Stowarzyszeniu Inżynierów i Techników Wojew. Śląskiego w Katowicach.

turbin parowych. Pod wpływem tego powstała niejedna niewłaściwie zbudowana maszyna, a jako jaskrawy przykład może posłużyć, że na życzenie odbiorcy zbudowano bardzo kosztowną trójkadłubową turbinę kondensacyjną o mocy 10.000 *kW* przy parze dolotowej 10 *atn* i 280°C.

Nie uznając tego pędu do niepotrzebnego stosowania zbyt kosztownych turbin parowych za słuszny, wypowiedziałem w dn. 18.IV.1925 r. w referacie na Zjeździe *Simp'u*, ogłoszonym w *Przeglądzie Technicznym* p. t. „Nowe dążenia w budowie turbin i maszyn parowych" następujące zapatrywania:

„Przystępując do zaprojektowania i wyboru urządzeń instalacji parowej, nie można kierować się wyłącznie postępami technicznemi, które mają na celu zmniejszenie zużycia paliwa. *Decydującym przy wyborze musi być, obok niezawodności działania urządzenia, rachunek rentowności*, w którym dużą, lecz nie decydującą rolę odgrywają koszty paliwa.

Nie wchodząc w szczegóły rachunku rentowności, zaznaczyć można, że w naszych warunkach, z powodu większych kosztów instalacyj parowych dla wysokich ciśnień, najracjonalniejsze jest stosowanie przy pracy z kondensacją ciśnień pomiędzy 22 a 30 *at*, a przy pracy z przeciwprężnością i przy pobieraniu pary do celów fabrykacyjnych — ciśnień pomiędzy 25 a 35 *at*. Wyższych ciśnień, ze względu na bezpieczeństwo ruchu, nie można chwilowo polecać.

Przy ciśnieniach dolotowych powyżej około 24 *at* i temperaturach powyżej około 350°C i równoczesnej pracy z kondensacją poleca się, ze względu na niezawodność biegu, stosować turbiny kilkukadłubowe, które przy niższych ciśnieniach natomiast mogą obecnie tylko w nielicznych przypadkach z powodzeniem współzawodniczyć z jednokadłubowemi, ponieważ są przeważnie o około 100% droższe, a zaoszczędzają pary tylko do 20%".

Okrągło 10 lat upłynęło od chwili wypowiedzenia powyżej przytoczonych zdań. Mimo to z bardzo małemi zmianami mogę je jeszcze dziś podtrzymać. Przedewszystkiem może zbyt korzystnie oceniałem wówczas zużycie pary w turbinach wielokadłubowych, a obecnie możnaby podnieść nieco ciśnienia i temperatury w turbinach jednokadłubowych. Również ze względu na udowodnione w międzyczasie bezpieczeństwo ruchu można bez obawy podnieść ciśnienie kotłowe dla turbin przeciwprężnych i pracujących z pobieraniem pary do około 60 *at*.

Na tle powyższych rozważań będą lepiej zrozumiałe zmiany w budowie turbin parowych, jakie wywołał obecny kryzys ekonomiczny. *Cechą charakterystyczną tych zmian jest dążność do możliwie największego zmniejszenia kosztów budowy silnika*. Uwydatnia się to przedewszystkiem w stosowaniu turbin szybkobieżnych, pracujących z przekładnią zębatą nawet przy dość znacznej mocy, dalej w stosowaniu turbin jednokadłubowych nawet dla dużych mocy, wysokich ciśnień i temperatur. Przy rozważaniu poszczególnych nowszych konstrukcyj zaznaczę, które z nich uważam za usprawiedliwione, a które mogą narazić na szwank bezpieczeństwo ruchu siłowni i rachunek rentowności. Silnik musi bowiem być bezwzględnie niezawodny, bo postoje, spowodowane jego niedomaganiem, mogą narazić wytwórnię na znacznie większe koszty niż wartość samego silnika. Pod żadnym warunkiem nie wolno też niedoceniać ekonomicznej pracy silnika, bo koszty inwestycyjne siłowni są przecież tylko jednym z elementów rachunku rentowności jej. Trzeba budować „tanio i dobrze", a nie trzeba budować „tanio i źle". *Nie można więc poddawać się bezkrytycznie obecnie dominującemu prądowi*, aby wykonywać tylko silniki o najmniejszych kosztach inwestycyjnych, bez względu na to, czy zapewniają one niezawodność pracy, oraz czy rachunek rentowności wykazuje słuszność takiego rozwiązania.

Drugą dobitnie zaznaczającą się obecnie myślą przewodnią w budowie siłowni jest dążność do łączenia wytwarzania mocy z wyzyskaniem ciepła, uchodzącego z silnika parowego. *Dziś znajdują największe rozpowszechnienie turbiny przeciwprężne i pracujące z pobieraniem pary*. Wytwórnie turbin parowych w Niemczech, które od przeszło roku są bardzo dobrze zatrudnione, produkują przeważnie silniki powyższego rodzaju, a tylko znikomy procent turbin kondensacyjnych.

Rozwój turbin tego rodzaju jest bezwzględnie słuszny i może przyczynić się do znacznego zmniejszenia kosztów mocy napędowej, a zatem także w pewnej mierze do zmniejszenia kosztów produkcji towarów wytwarzanych. W ten sposób następuje też pewna decentralizacja siłowni. Powstaje większa ich liczba, co np. Niemcy uważają za pożądane ze względów wojskowych („wehrpolitische Vorteile"), jak o tem pisze Z. V. D. I. Nr. 9 z r. 1935 str. 287. Zagranicą buduje się również wielkie elektrownie, dostarczające fabrykom nietylko prądu elektrycznego, lecz także pary do celów fabrykacyjnych i grzejnych, np. elektrownia morawska w Brnie czeskiem. U nas dziedzina ta leży odłogiem. A przecież siłownia parowa, oparta wyłącznie na silnikach kondensacyjnych, choćby one posiadały jaknajlepszą sprawność, będzie zawsze bardzo nieekonomicznie pracowała, — w najlepszym razie będzie wyzyskiwała z paliwa około 32%. Zbyt duże ilości ciepła niszczy się bowiem bezpowrotnie w skraplaczu pary. Bezwzględnie i u nas niejedna inwestycja, mająca na celu łączenie wytwarzania mocy z wyzyskaniem pary z silnika do celów fabrykacyjnych lub grzejnych, opłaciłoby się sowicie mimo

istniejącego kryzysu ekonomicznego, a może byłaby nawet wskazana ze względu na takowy. Jeżeli może nie mamy warunków korzystnych dla większych siłowni tego rodzaju, to należy możliwości takie starannie badać w siłowniach fabrycznych.

Często spotykam się z zapytaniem, jakiej wytwórni turbiny parowe uważam za najlepsze. Na to mogę tylko odpowiedzieć, że uważam firmy dostarczające turbiny parowe na rynek polski, więc *A. E. G.*, *Asea*, *Brown-Boveri (B. B C.)*, *Pierwsza Berneńska Fabryka (E. B.)*, *Escher - Wyss*, *Škoda*, za równorzędne. *Podkreślam jednak dobitnie*, że zdanie wypowiedziane nie oznacza bynajmniej, iż wobec równorzędności wytwórni jest obojętne, w jakiej z nich w pewnym wypadku zamówi się silnik. Przeciwnie *oferty należy zbadać najstaranniej* nietylko pod względem ceny silnika i gwarancji zużycia pary, lecz przedewszystkiem pod względem wewnętrznej budowy turbiny. Techniczne badanie musi dać odpowiedź na pytania, czy turbina zaoferowana jest tak zaprojektowaną:

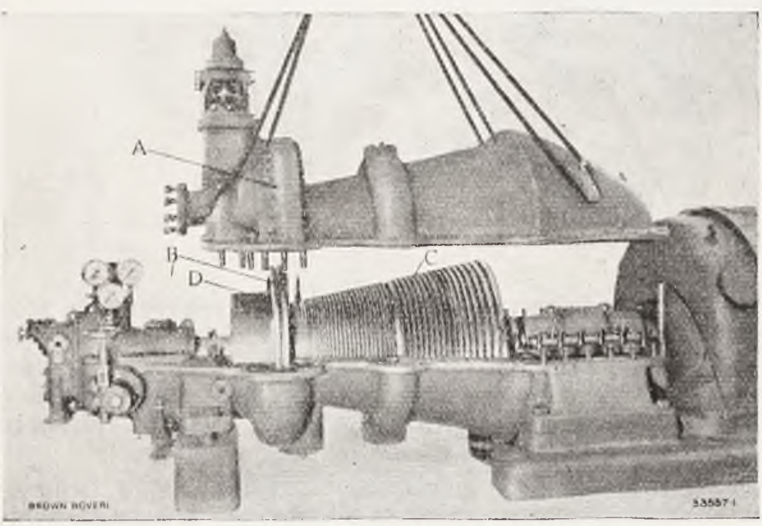
1) że gwarancje mogą być dotrzymane,

2) że zużycie pary przy różnych obciążeniach będzie korzystne,

3) że wpływać będzie ona na polepszenie sprawności całej instalacji parowej,

4) że niezawodność ruchu będzie duża, a łopatki nie będą ulegały nadmiernemu zdzieraniu,

5) że odznacza się prostotą budowy, ułatwiającą kontrolę i obsługę jej przez personel siłowni.



Rys. 2

Jako ilustrację do punktu 3) przytoczę wypadek, który miałem w swej praktyce przed rokiem. Pewna wytwórnia, pracująca w ciągu roku około 8.600 godzin, potrzebowała oprócz mocy około 6000 *kW* do celów fabrykacyjnych pary o trzech różnych ciśnieniach, mianowicie 8,5 *ata*, 5 *ata* i 2,5 *ata*, w dość dużej ilości; — zapotrzebowanie mocy niezupełnie pokrywało się w czasie z zapotrzebowaniem pary. Wobec tego najodpowiedniejsza była turbina kondensacyjna, pracująca z potrójnem pobieraniem pary. Tego nie zrozumiała jednak niejedna firma oferująca turbogenerator. Ze względu na uproszczenie budowy i zmniejszenie jej kosztów polecano turbinę o podwójnem pobieraniu pary przy 8,5 *ata* i 5 *ata*, radząc pobieranie większej ilości pary o ciśnieniu 5 *ata* i dławienie części jej do 2,5 *ata*. Ponieważ wytwórnia potrzebuje średnio 7 *t/h* o ciśnieniu 2,5 *ata*, przeto para ta przy oddawaniu pracy w turbinie wytworzyłaby rocznie około 1.500.000 *kWh*. Przedstawia to wartość około 100.000 zł. rocznie, a cały turbogenerator wraz z przewozem i montażem kosztował 400.000 zł. Przykład powyższy świadczy też dobitnie o tem, że gruntowne badanie techniczne ofert przynosi poważne korzyści i że wspomniana inwestycja nawet w czasie kryzysowym jest bardzo rentującą się.

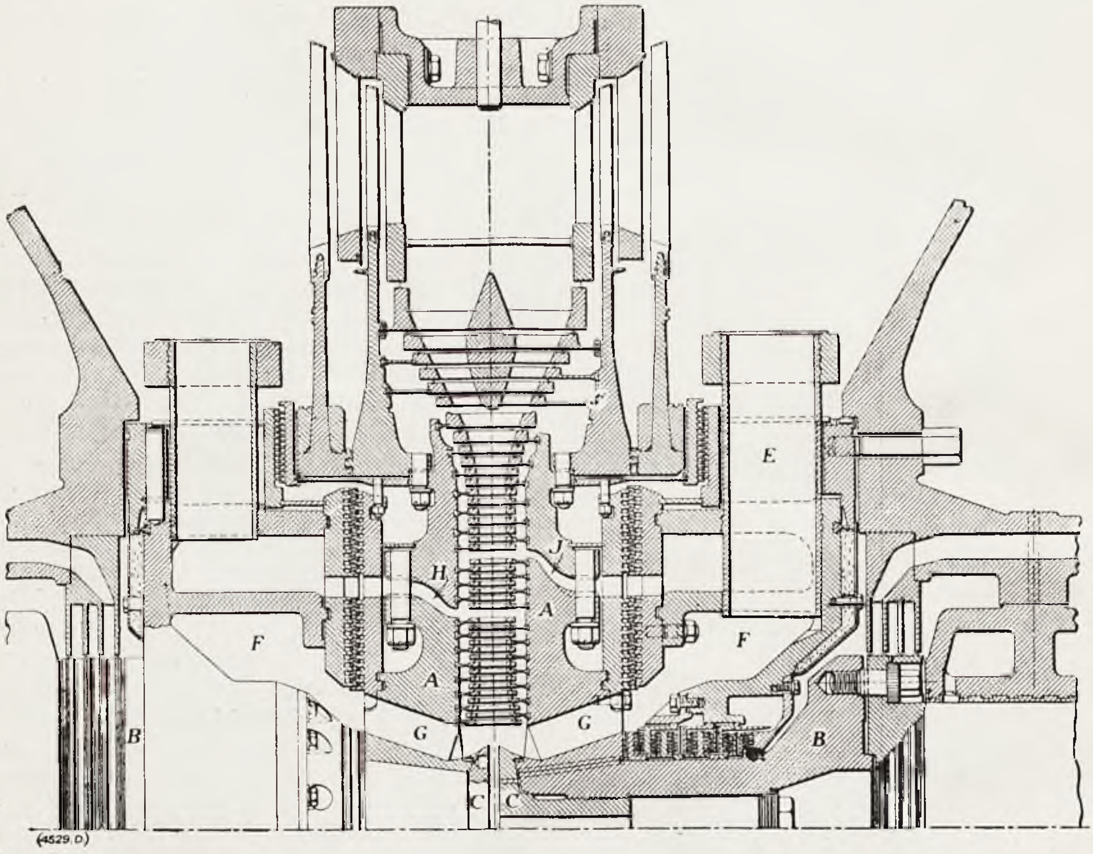
Przy wyborze turbiny parowej trzeba najpierw zdecydować się, czy zastosować turbinę osiową, czy też promieniową. Najwięcej rozpowszechniony jest system osiowy, w którym para płynie przez wieńce łopatkowe równolegle do osi turbiny. Budowa tego systemu jest udoskonalona pod każdym względem i może być przystosowana do różnorodnych warunków pracy i ruchu. Jest ona odpowiednia jako turbina kondensacyjna, przeciwprężna i pracująca z pobieraniem pary. Te względy, a przedewszystkiem prostota budowy i łatwość kontroli, co dobitnie uwydatnia rys. 2, zadecydowały, że turbiny osiowe są dotychczas typem panującym na rynku zbytu.

Z turbin parowych o promieniowym przepływie pary przez wieńce łopatkowe znalazła jedynie większe rozpowszechnienie turbina o dwóch wirnikach przeciwbieżnych braci *Ljungstroem*, udoskonalona przedewszystkiem przez fabrykę szwedzką *Stal-Asea*. Turbina ta może być stosowana jako kondensacyjna o mocy powyżej 750 *kW* (przy mniejszej mocy łopatki byłyby zbyt krótkie) i jako przeciwprężna. Dotychczas nie udało się jednak zbudować turbiny tego systemu jako pracującej z pobieraniem pary. Ponieważ silniki tego rodzaju odgrywają dużą rolę, przeto firma *Stal-Asea* pracuje od dłuższego czasu nad rozwiązaniem zagadnienia. Pewne ograniczenie w stosowaniu systemu promieniowo - przeciwbieżnego tworzy też konieczność używania prądu zmiennego ze względu na jednakową liczbę obrotów dwóch prądnic. Pomimo że budowa turbiny *Ljungstroema* nie jest zbyt

prosta, jest ona jednak pod względem niezawodności pracy i zużycia pary zupełnie równorzędną z najlepszemi turbinami osiowemi. Natomiast demontaż i kontrola wieńców łopatkowych nie są tak łatwe jak w turbinach osiowych. Podkreślić jednak muszę z naciskiem, że dzięki genjalnie obmyślanym przyrządom demontażowym rozbieranie wirników nie jest zbyt trudne [1]).

Teraz przechodzę do przedstawienia typów turbin powstałych lub budowanych w ostatnich latach, mianowicie najpierw kondensacyjnych, następnie przeciwprężnych, a w końcu pracujących z pobieraniem pary.

wej o ciśnieniu 0,0673 *ata* — sprawność efektywną $\eta_e = 90,3\%$. Oczywiście turbina ta pracowała ze względu na wysokie przegrzanie pary dolotowej w bardzo korzystnych warunkach. Ponieważ jednakże ta wysoka temperatura pary nie może być osiągnięta przy niskiem jej ciśnieniu w normalnym przegrzewaczu przy kotle, przeto na podstawie wysokiej sprawności turbiny nie można bynajmniej orzekać o dobrej sprawności całej siłowni. W budowie wspomnianej turbiny zwracają przedewszystkiem uwagę stosunkowo małe przy tak wielkiej mocy wymiary kadłuba (rys. 4). Dzięki wielkiemu przekrojowi dla



Rys. 3

I. Turbiny kondensacyjne.

Kondensacyjne turbiny promieniowo-przeciwbieżne systemu *Ljungstroema* zmieniły stosunkowo nieznacznie swą budowę. Najprostszy typ całkowicie promieniowy wykonywany jest o mocy od 750 do najwyżej 4000 *kW*. Przy większej mocy budowa jest więcej zawiłą, bo posiada ze względów wytrzymałościowych i ze względu na możność opanowania dużych objętości pary jeszcze część osiową o dwukierunkowym przepływie pary[2]). W sposób ostatnio podany firma *Stal-Asea* zbudowała w r. 1931 turbinę o mocy 50.000 *kW* przy $n = 1500$ *obr/min* (rys. 3), która wykazała w czasie pomiarów przy obciążeniu 29958 *kW*, parze dolotowej o ciśnieniu 14,09 *atn* i temperaturze 425°C, a wylotowej

odpływu pary z kadłuba turbiny para rozdziela się korzystnie w dwóch obok siebie ułożonych skraplaczach (rys. 5). Właściwości turbiny promieniowo-przeciwbieżnej nie będę szczegółowo rozważał, ponieważ uczyniłem to w ostatnim czasie na innem miejscu[3])

W przeciwstawieniu do turbin promieniowych, które są reakcyjne, w kondensacyjnych turbinach osiowych stosuje się system reakcyjny lub akcyjny lub też kombinowany.

---

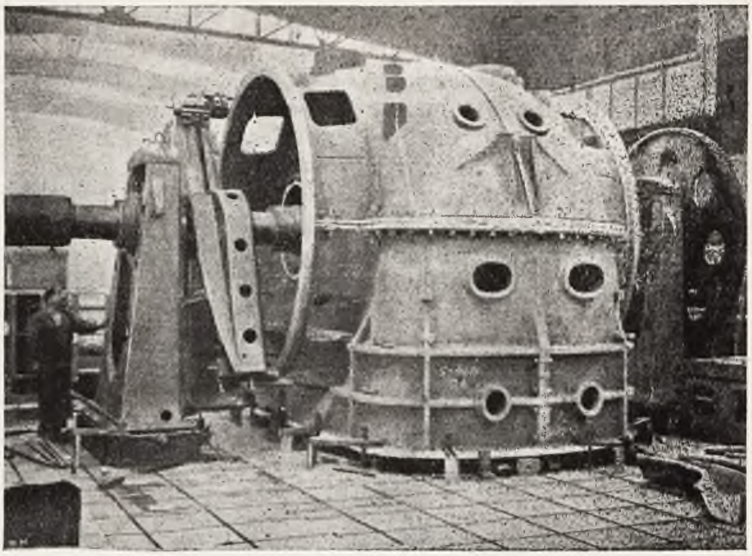
[1]) Patrz *Chrzanowski* — „Technika Cieplna" — r. 1935 str. 6.

[2]) Patrz *Chrzanowski* — „Technika Cieplna", r. 1928, Nr. 6.

[3]) *Chrzanowski* „Technika Cieplna", r. 1935, Nr. 1 i 2.

Ostatni może składać się z koła Curtisa lub jednego koła akcyjnego o większej średnicy jako stopnia regulacyjnego, a część niskoprężną może tworzyć wielostopniowa turbina reakcyjna, lub kilka stopni akcyjnych i szereg reakcyjnych.

Ogólne znane są najważniejsze zalety typu reakcyjnego, mianowicie: małe prędkości pary przepływającej i wysoka sprawność łopatkowa przy odpowiednio dobranej liczbie Parsonsa $\Sigma\mu^2 : h_s$, oraz przy należytej długości i odpowiednich kątach łopatek. Słabą stroną natomiast są straty szczelinowe pary. Są one największe przy krótkich łopatkach, skutkiem czego reakcyjna część wysokoprężna posiada na-



Rys. 4

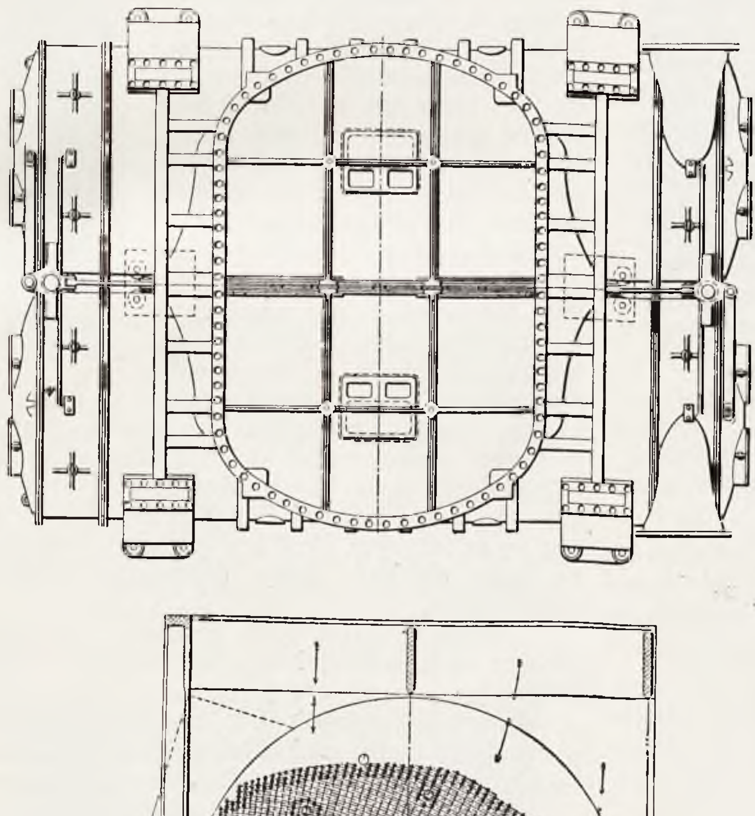
ogół znacznie niższą sprawność od części średnio — i niskoprężnej.

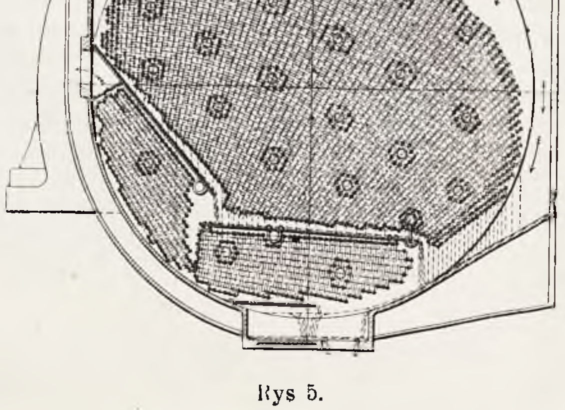
W systemie akcyjnym para pracuje ze znacznie większą prędkością, straty nieszczelności są jednak nieduże, a z powodu jednakowego ciśnienia po obydwóch stronach wirnika można zastosować duże szczeliny pomiędzy częściami wirującemi i nieruchomemi, co niewątpliwie zwiększa niezawodność ruchu. Sprawność łopatkowa nie jest jednakże tak wysoka jak części średnio — i niskoprężnej typu reakcyjnego.

Jeżeli porówna się wielostopniową turbinę reakcyjną z akcyjną, to dla pierwszej najkorzystniejsza liczba jakościowa

$$\nu = \sqrt{\Sigma\mu^2} : 91{,}5 \sqrt{h_s}$$

wynosi około 0,7, a dla drugiej — $\nu \simeq 0{,}48$. Z tego wynikałoby, że w turbinie reakcyjnej trzeba wykonać większą liczbę wieńców łopatkowych lub większe ich średnice celem uzyskania w obu systemach jednakowej sprawności. Oczywiście z powodu większej sprawności łopatkowej typu reakcyjnego można w nim uzyskać przy odpowiednio powiększonej liczbie Parsonsa lepszą sprawność niż w typie akcyjnym.



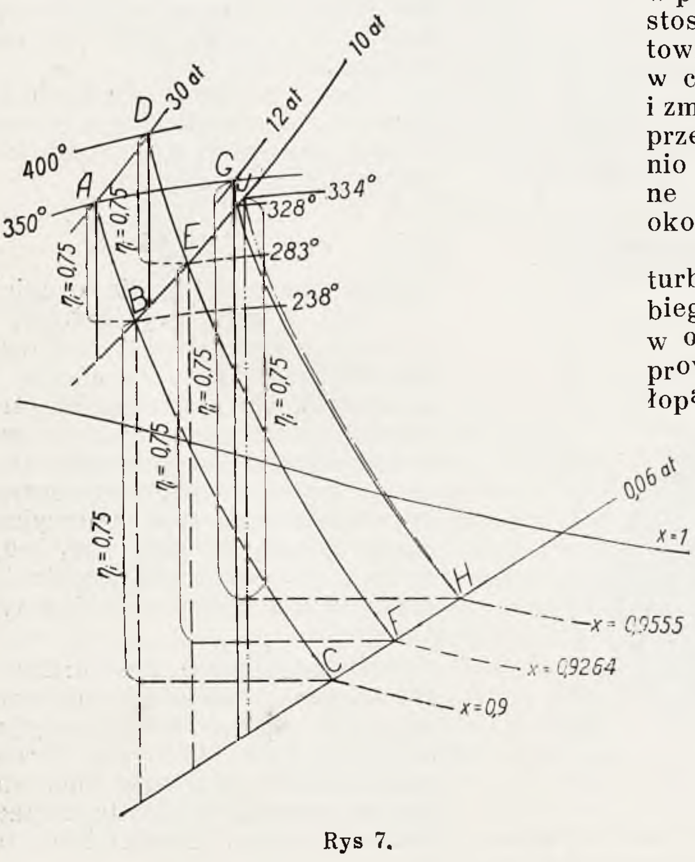


Rys 5.

Dwuwieńcowe koło Curtisa, zastosowane w turbinie kondensacyjnej jako stopień **regulacyjny**, przynosi kilka korzyści. Przedewszystkiem opanowuje ono dość znaczny procent całkowitego spadku adjabatycznego. **Skutkiem** tego

zmniejszają się poważnie ciśnienie i temperatura pary dopływającej do kadłuba turbiny, przez co zwiększa się jej niezawodność ruchu. Drugą ważną zaletą koła Curtisa jest osiągnięcie w turbinie niezbyt dużego zwiększenia się zużycia pary na 1 *kWh* przy mniejszych obciążeniach od normalnego. Dawniej budowane koła Curtisa nie posiadały jednakże wysokiej sprawności, bo wewnętrzna sprawność naogół nie była większą od 60%. Dopiero w ostatnich latach ulepszono ich budowę przez zastosowanie reakcyjności 6% do 15%, dzięki czemu uzyskuje się znacznie korzystniejsze dla przepływu pary kanaliki łopatkowe, oraz przez stosowanie właściwszych kątów łopatkowych i większego stosunku $u : c_1$, mianowicie aż do 0,28. Nowocześnie zbudowane koło Curtisa, opanowujące naogół mniejszy spadek cieplika, posiada sprawność wewnętrzną dochodzącą do 70%.

W turbinach kondensacyjnych wywiera zawartość wody w parze pracującej w części niskoprężnej wpływ decydujący na sprawność ostatnich wirników i zniszczenie łopatek wirnikowych przez erozję. Woda, znajdująca się w parze, posiada mniejszą prędkość od pary, skutkiem czego uderza o grzbiety łopatek, wywierając wpływ hamujący, który obniża sprawność turbiny o kilka procent. Równocześnie niszczy ona krawędzie wlotowe łopatek w pobliżu zewnętrznego obwodu turbiny osiowej, co uwydatnia w stosunkowo małym stopniu rys. 6.



Rys 7.

Wilgotność pary w niskoprężnej części turbiny jest duża w instalacjach nowoczesnych, pracujących z wysokiem ciśnieniem pary dolotowej. Wynika to jasno z rys. 7, w którym przyjęto nawet niską sprawność η_i=0,75. Ostatnia wynosi w nowoczesnych turbinach kondensacyjnych o dużej mocy do 85%, a wówczas wilgotność pary jest znacznie większa. Zmniejszyć można ją przez stosowanie pary dolotowej o bardzo wysokiej temperaturze, z którą dochodzi się obecnie w praktyce do 450°C, wyjątkowo do 480°C. Temu samemu celowi służy podwójne przegrzewanie pary w kotłowni, które jednak ze względu na duże koszty inwestycyjne i komplikację instalacji bardzo rzadko jest stosowane; — przewody bowiem prowadzące parę o niższem ciśnieniu z turbiny do kotłowni i z powrotem muszą posiadać duże średnice. Natomiast częściowo dodatni wynik można osiągnąć, przegrzewając parę przepływającą z kadłuba wysokoprężnego do niskoprężnego częścią pary dolotowej o bardzo wysokiej temperaturze w przegrzewaczu umieszczonym w pobliżu turbiny. W ten sposób stosunkowo prosty, a niezbyt kosztowny, można podnieść temperaturę pary w części niskoprężnej o kilkadziesiąt stopni i zmniejszyć przez to jej wilgotność. Podwójne przegrzewanie pary, choćby sposobem ostatnio wymienionym, jest bezwzględnie wskazane przy ciśnieniu pary dolotowej powyżej około 60 *at*.



Rys. 6

Niezależnie od tych środków i budowa turbiny oraz materjał łopatek powinny zapobiegać nadmiernej erozji łopatek. Należy więc w odpowiedni sposób jak najwydatniej odprowadzać wodę z kadłuba turbiny, nadać łopatkom właściwe kształty, uwzględniające działanie wody na zewnętrznym ich obwodzie w turbinie osiowej, oraz wykonać je z materjałów dostatecznie odpornych na erozję. Jako takie wymienić można stale: francuską *A. T. V.* i *A. T. G.*, niemiecką *W. F. 100* i czeską *A. K. R.* Są one kosztowne, również wyrób łopatek z nich jest kosztowny, lecz bezwzględnie rentuje się stosowanie ich przy wilgotności pary powyżej 6% i dużej prędkości obwodowej łopatek.

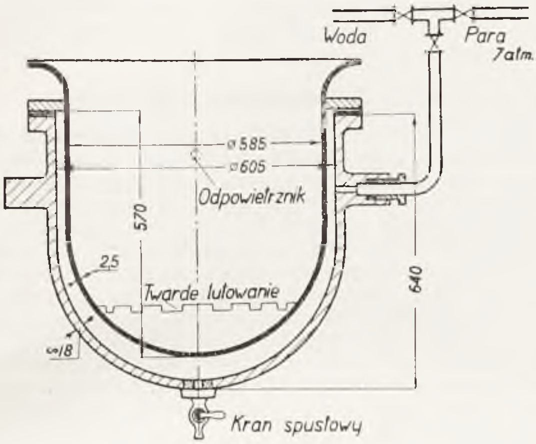
d. c. n.

T. S.

WYPADEK Z NACZYNIEM POD CIŚNIENIEM.

Dnia 26 marca r. b. koło godz. 10 rano w jednej z łódzkich fabryk zdarzył się wypadek z naczyniem do preparowania mydła farbiarskiego.

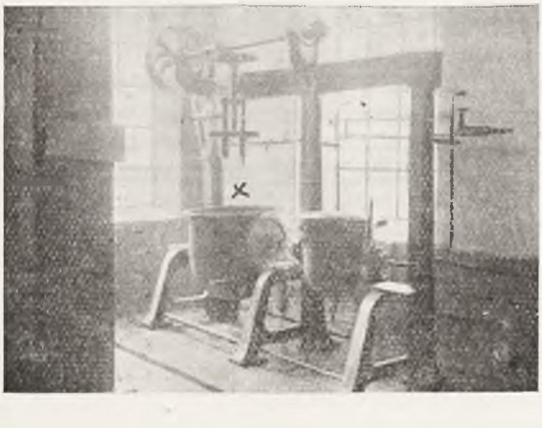
Naczynie to zbudowane jakoby w 1910 r. zagranicą podwójne posiada dwa płaszcze: zewnętrzny żeliwny o średnicy 605 *mm* wysokości 620 *mm* i grubości ścianek 18 *mm* i wewnętrzny miedziany o średnicy 585 *mm*, wysokości 570 *mm* i grubości średnio około 2,5 *mm*.



Rys. 1

Przestrzeń pomiędzy płaszczami służyła jako płaszcz parowy dla grzania lub jako płaszcz wodny dla chłodzenia naczynia i posiadała dwa połączenia z atmosferą — jedno u góry dla odpowietrzania i drugie na dole do spuszczania wody.

Normalna procedura pracy była następująca: Po założeniu do naczynia, które było zawsze otwarte, masy mydła do preparowania, otwierano dolny kurek dla całkowitego spuszczenia kondensatu i wody, następnie ten kurek przymykano lecz niezupełnie i puszczano ostrożnie i potrochu parę z przewodu parowego, połączonego bezpośrednio z kotłami pracującemi na ciśnienie 7 *atn* przy początkowo otwartym kurku powietrznym, który następnie zamykano.



Rys 2

Para dławiona ręcznie przepływając przez płaszcz parowy ogrzewała naczynie i dolnym zlekka otwartym kurkiem bądź pod postacią kondensatu, bądź pod postacią pary odchodziła, nie stwarzając spiętrzenia ciśnienia.

Przewód parowy nie posiadał ani zaworu redukcyjnego, ani garnczków kondensacyjnych, samo zaś naczynie nie miało ani zaworu bezpieczeństwa, ani manometru.



Rys. 3

Po przygotowaniu masy drukarskiej, co trwało około 3 — 4 godzin, dopływ pary do naczynia zamykano i dla ochłodzenia masy doprowadzano do płaszcza parowego zimną wodę też przy niedomkniętym dolnym kurku.

W tych warunkach pracy przy ostrożnej manipulacji naczynie to nie przedstawiało żadnego niebezpieczeństwa i szczęśliwie dłuższy czas przepracowało.

W dniu wypadku nowoprzyjęty praktykant bez zawiadomienia kierownictwa samowolnie uruchomił naczynie, przyczem dolny kurek spustowy zamknął całkowicie i otworzył raptownie dopływ pary.

W rezultacie naczynie znalazło się odrazu pod ciśnieniem około 7 *atn*, co spowodowało odkształcenie się i częściowe rozerwanie się wewnętrznego (słabszego) płaszcza miedzianego, oczywiście na to ciśnienie nie obliczonego.

Masa znajdująca się w naczyniu została raptownie wyrzucona i masa ta, a zapewnie i para wydobywająca się z rozsadzonego naczynia poparzyła stosunkowo lekko (twarz i ręce) nieopatrznego praktykanta i stojącego obok robotnika.

Załączone rysunki i fotografje ilustrują wypadek i samo naczynie. (rys. 1 — 3).

KRONIKA TECHNICZNA.

Paliwa zastępcze do silników samochodowych.

W „Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen" — Nr. 2, 1933 r. zostało umieszczone sprawozdanie W. Ostwalda, opracowane na życzenie Komisji Stałej Kongresu Energetycznego w Medjolanie z datą 4 października 1932 roku. Sprawozdanie to rzuca światło na postępy techniki niemieckiej w kierunku znalezienia paliw, zastępujących benzynę, do napędu silników samochodowych, a datujące od czasu wojny światowej.

Jeżeli pod nazwą „charbon carburateur" rozumieć każde paliwo do silników wzamian benzyny, to należy wymienić następujące:

1. Benzyna syntetyczna, benzyna, otrzymana zwykłą metodą „krakowania" z oleju ziemnego oraz benzolu.
2. Benzyna z węgla brunatnego.
3. Syntetyczny olej metanowy.
4. Spirytus z surowców rolniczych.
5. Spirytus z ługu sulfitowego, otrzymywany przy fabrykacji papieru.
6. Spirytus drzewny.
7. Gaz sprężony.

Ponadto mogą znaleźć zastosowanie:

1. Silniki Diesel'a.
2. Silniki z głowicą żarową.
3. Generatory gazu do olejów ciężkich.
4. Silniki do gazu generatorowego z drzewa, węgla drzewnego, węgla, otrzymywanego przy fabrykacji parafiny i t. d.

Benzyna syntetyczna.

W Hannowerze i Turyngji znajdują się kopalnie oleju ziemnego, w Missburgu zaś w pobliżu miasta Hannover — zakłady, produkujące benzynę metodą „krakowania". Produkcja innego zakładu „Leunawerk" może osiągnąć rocznie 300.000 do 400.000 ton benzyny metodą katalitycznego uwodornienia smoły węglowej pod wysokiem ciśnieniem.

W zakładzie powyższym wytwarza się benzynę z oleju ziemnego, wydobywanego w Volkenroda w Turyngji, oraz ze smoły węgla brunatnego. Metoda otrzymywania benzyny z węgla brunatnego została już całkowicie opanowana, jednak koszty tej produkcji są dość wysokie. Ochrona celna dla benzyny rodzimej wynosi 12 mk. niem. za 100 kg. Benzol otrzymywany w wielkich ilościach z węgla kamiennego, mieszany jest z benzyną i spirytusem. Mieszanki te osiągają ceny wyższe, gdyż posiadają własności przeciwstukowe.

Benzyna z węgla brunatnego.

Produkcja benzyny z węgla brunatnego jest nieznaczna; zależną jest od możności ulokowania na rynku koksu. Własności benzyny tej osiągnęły stopień zadawalający. Benzyna nie wydziela już przy spalaniu nieprzyjemnego zapachu i nie powoduje osadzania się smoły na zaworach ssących. Jest ona przeciwstukowa w dostatecznym stopniu wskutek zawartości węglowodorów naftenowych.

Alkohol syntetyczny metylowy.

W miejscowości Leunawerk znajdują się zakłady do produkcji oleju metanowego z gazu wodnego na dużą skalę. Dumanois opisał wyczerpująco własności oleju metanowego jako paliwa do silników samochodowych. Obecnie olej metanowy nie znajduje większego zastosowania w Niemczech.

Alkohol z surowców rolniczych.

W Niemczech istnieje przymus stosowania spirytusu do mieszanek. Domieszka spirytusu wynosi 10 % przy cenie 50 mk. za hektolitr. Podwyższa to cenę benzyny od 4 do 5 fenigów na litrze. Mieszanki spirytusowe nie powodują żadnych technicznych trudności. Zawierają one od 10 do 20 % alkoholu, resztę zaś stanowi benzyna częstokroć z domieszką benzolu. Mieszanki te nie powodują stuków i całkowicie usprawiedliwiają swojemi własnościami różnicę ceny w porównaniu do benzyny zwykłej. Producenci benzyny zwalczają przymus, twierdząc, że nie rolnictwo, lecz ok. 2000 właścicieli gorzelni czerpie z tego korzyści. Alkohol etylowy objęty jest monopolem państwowym. Do celów przemysłowych używa się tylko alkoholu absolutnego o zawartości 99,8 %.

Alkohol z ługu sulfifowego.

Przy produkcji papieru powstaje ług sulfitowy, jako produkt uboczny, który przerabia się na alkohol etylowy. Produkcja objęta jest monopolem. Alkohol etylowy miesza się ze spirytuszm, otrzymywanym z kartofli i stosuje się jako dodatek do mieszanek paliwowych. Alkohol etylowy otrzymuje się również metodą syntetyczną z karbidu.

Alkohol etylowy z drzewa.

Scholler opisał wyczerpująco zakłady w Tornesch pod Hamburgiem do wytwarzania alkoholu etylowego z drzewa; całą produkcję, zresztą niewielką, zakupił Monopol Państwowy. *I. G.*

Do niniejszego zeszytu załączony jest zeszyt żałobny GOSPODARKI NARODOWEJ.

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.
Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.
REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIUSA XI, 32, m. 12. TEL. 8-81-47.
GODZINY BIUROWE: ADMINISTRACJI — CODZIENNIE, OD 10 DO 15.